

TARTU ÜLIKOOL
MATEMAATIKA-INFORMAATIKA TEADUSKOND
Arvutiteaduse Instituut
Infotehnoloogia eriala

Gustav Amer

**LEGO Mindstorms NXT komplektiga ühilduv Vernier'
vererõhumõõtja**

Bakalaureusetöö (6 EAP)

Juhendaja: Anne Villem
Kaasjuhendaja: Taavi Duvin

Autor: "....." mai 2013
Juhendaja: "....." mai 2013
Juhendaja: "....." mai 2013

Lubada kaitsmisele
Professor: "....." mai 2013

TARTU 2013

Sisukord

Sissejuhatus	3
1. Vererõhk	6
1.1 Vererõhu mõõtmise ajalugu	7
1.2 Vererõhu mõõtmine.....	10
1.2.1 Hüpotensioon	11
1.2.2 Hüpertensioon	12
2. Vernier' vererõhumõõdja	14
2.1 Vernier' vererõhumõõdja kirjeldus.....	14
2.2 Vernier' vererõhumõõdja kasutamine.....	15
2.3 Vernier' vererõhumõõdja kasutamine koos LEGO Mindstorms NXT komplektiga	16
2.3.1 Andmete töötlus tabelarvutusprogrammiga	19
2.3.2 Mõõtetulemuse teisendamine ning vererõhu väärtuste leidmine	23
3. Ülesanded Vernier' vererõhumõõdajale	25
3.1 Vernier' vererõhumõõdja tulemuste teisenduskordaja täpsuse suurendamine	26
3.2 Keskmise arteriaalse rõhu ja süstoolse vererõhu suhe	27
Kokkuvõte.....	28
LEGO Mindstorms NXT compatible with Vernier blood pressure sensor	29
Kasutatud kirjandus	30
LISAD	32
Lisa 1- Vernier' vererõhumõõdjaga ühilduvad liidesed:.....	32
Lisa 2 - Vernier' vererõhumõõdjaga ühilduvad liideste tarkvarad:	33
Lisa 3 - Mõõtetulemuste teisendamine.....	34
Lisa 4 - Keskmise arteriaalne rõhk.....	36

Sissejuhatus

Koolirobot on aastal 2007 alguse saanud projekt, mille eesmärgiks on edendada inseneriteadust Eesti koolides. Projekti raames korraldatakse liitunud koolide õpetajatele kursusi ning jagatakse neile õppematerjale. Materjalideks on eestikeelsed juhised LEGO Mindstorms NXT robotite programmeerimiseks. [1]

LEGO Mindstorms NXT on õppevahend, mille komplekti põhikomponendiks on NXT nime kandev juhtplokk (vaata joonis 1). NXT on LEGO klots, mis on varustatud protsessori, mälu, kõlari, ekraani ning nuppudega. Lisaks on NXT klotsiga võimalik ühendada korraga kuni kolm mootorit ning kuni neli sensorit.

NXT juhtplokil on olemas USB liides, mis võimaldab laadida programme arvutist NXT mälusse või liigutada andmeid robotist arvutisse. Infovahetus on ka võimalik sinihamba (*Bluetooth*) liidese abil. Mainitud klotsil on 4 nuppu: oranž nupp valiku kinnitamiseks või käivitamiseks, helehallid nooled liikumaks menüüs vastavalt siis paremale või vasakule ja tumehall nupp tühistamiseks või tagasi minemiseks [2].



Joonis 1. LEGO Mindstorms NXT juhtplokk [3].

NXT plokile saab täitmiseks edastada programme. Need programmid peavad olema kirjutatud NXT jaoks loetavas keeles, näiteks programmeerimiskeeles NXT-G.

NXT-G on ikoonidel põhinev programmeerimiskeel. Seda on lihtne kasutada ning see on mõeldud LEGO Mindstorms NXT robotite programmeerimiseks. Käesoleval ajal on NXT-G programmeerimiskeskonnast saadaval kaks versiooni, hariduslik ning kaubanduslik versioon. Haridusliku versiooni eeliseks kaubandusliku ees on mitmed kaasas olevad juhendid ja õpetused tarkvara kasutamiseks. Uusimal hariduslikul versioonil (2.1) on ka andmelogimisvõimalused, mis võimaldavad koguda informatsiooni hilisemaks analüüsiks. Lisaks haridusliku versiooniga kaasasolevatele

juhenditele on NXT-G õppematerjalidena olemas mõned raamatud. Näiteks Jim Kelly "The Lego Mindstorms NXT-G Programming Guide" ja Owen Bishop "Programming LEGO Mindstorms NXT". [4]

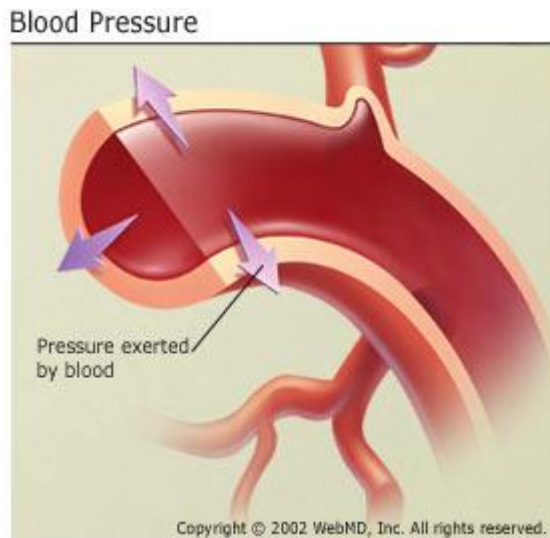
LEGO Mindstorms NXT jaoks on mitmed ettevõtted loonud palju sellega ühilduvaid andureid. LEGO on ise tootnud näiteks valguse, heli, ultraheli ja värvi andureid. Peale LEGO toodavad NXT juhtplokiga ühilduvaid sensoreid veel sellised ettevõtted nagu HiTechnic ja Vernier.

Üheks NXT komplektiga ühilduvaks anduriks on Vernier' vererõhumõõtja. Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on luua terviklik dokument, mille abil saavad kooliroboti projektiga liitunud koolide õpilased õppida kasutama LEGO Mindstorms NXT komplekti koos Vernier' vererõhumõõtjaga.

Esimeses peatükis pöörame tähelepanu vererõhule kui füüsikalisele nähtusele ning selle mõõtmise ajaloole. Teises peatükis uurime lähemalt, kuidas saab LEGO Mindstorms NXT komplekti kasutada koos Vernier' vererõhumõõtjaga vererõhu mõõtmiseks. Kolmandas peatükis vaatame, milliseid ülesandeid ning katsetusi saab teha Vernier' vererõhumõõtja ning NXT komplektiga.

1. Vererõhk

Süda pumpab verd kehas ringi, varustamaks kõiki elundeid hapnikuga. Kehas ringlev veri surub veresoontele ning seda jõudu nimetatakse vererõhuks (vaata joonis 2).



Joonis 2. Vere rõhumine veresoontele [5].

Vererõhk on mõõdetav numbriline näitaja. Seda mõjutavad veresoonte toonus ja südamelihase jõud.

Vererõhuväärtusi on kaks, ülemine (süstoolne) ja alumine (diastoolne). Süstoolne vererõhk on surve arteritele siis, kui süda pumpab ning diastoolne südame puhkehetkel. Nende mõlema mõõteühikuks on millimeetrid elavhõbedasambal (mm Hg). Tegu on rõhu mõõteühikuga, mis on kasutusel manomeetrite (e. rõhumõõturite) juures ($1 \text{ mm Hg} = 133.322368 \text{ Pa}$). Täiskasvanud inimesel peaks ülemine ehk süstoolne vererõhuväärtus jääma vahemikku 90 - 120 mm Hg ning alumine ehk diastoolne vererõhuväärtus jääma vahemikku 60 - 80 mm Hg. [6] [7]

Kõrge vererõhk võib põhjustada erinevaid tervisekahjustusi, näiteks infarkti või insulti. Kõrge vererõhk esineb tihti ilma sümptomiteta, seega tuleb sellele jälile jõudmiseks käia aeg-ajalt vererõhku kontrollimas. Perearst kontrollib tihti patsientide vererõhku. Tänapäeval käib see mugavalt ja efektiivselt. Järgmiseks vaatame, kuidas on vererõhu mõõtmine läbi aegade arenenud.

1.1 Vererõhu mõõtmise ajalugu

Esimene teadaolev vererõhu mõõtmise meetod pärineb 1733. aastast, kui reverend Stephen Hales sisestas pika ja peenikese klaasist toru lamava hobuse arterisse tehtud lõikeavasse. Selle peale märkas Hales, et vere kogus klaastorus tõusis ja langes rütmiliselt (vaata joonis 3).



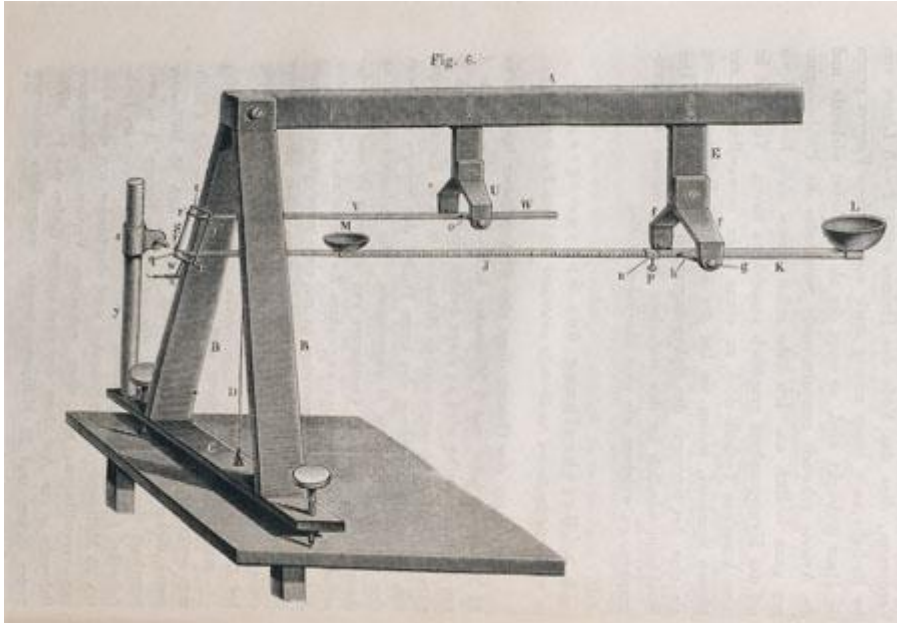
Joonis 3. Hales'i vererõhu mõõtmine [8].

Samm edasi vererõhu mõõtmise arengus toimus 1828. aastal, kui Jean Louis Marie Poiseuille võttis vererõhu mõõtmiseks kasutusele elavhõbeda manomeetri. Ta ühendas manomeetri kanüüliga (jäme õõnesnõel), mis oli täidetud kaaliumkarbonaadiga. Kaaliumkarbonaat takistas vere hüübimist ning kanüül tuli sisestada otse arterisse.

L.M. Poiseuille leitatud tehnikat arendas edasi Carl Ludwig, kes leiutas 1847. aastal kümograafi (kr.k *Kyma*= laine; *grapheion*= nõelpliiats). Ludwigi kümograaf kasutas sama moodi kanüüli ja manomeetrit, kuid Ludwig ühendas manomeetri otsa pliiatsi, mis märkis vererõhu muutumisi pöörlevale trumlile.

1855. aastal töötas Karl von Vierordt välja sfügmograafi (vaata joonis 4), mis võimaldas mõõta vererõhku mitte invasiivselt. See tähendab, et tegu oli esimese seadmega, mis ei vajanud patsiendi kehasse tungimist (nt kanüüli sisestamine

arterisse), vaid võimaldas mõõta vererõhku keha pinnalt. Sfügmograaf mõõtis, kui palju rõhku kulus, et peatada arteri pulseerimine. Vierordt'i sfügmograaf ei leidnud palju kasutust, peamiselt see tõttu, et see oli oma disainilt suur ja kohmakas.



Joonis 4. Vierordt'i sfügmograaf [9].

Vierordt'i sfügmograafi arendas 1860. aastal edasi Etienne Jules Marey. Marey konstruktsiooni järgi tuli käsi sisestada veega täidetud klaaskambrisse. Mainitud klaaskamber oli ühendatud nii sfügmograafi kui ka kümograafiga. Marey geniaalne seadeldis ei leidnud kahjuks laialdast kasutust, sest see oli enamuse arstide jaoks igapäevaseks kasutamiseks liiga keeruline.

1896. aastal avaldas Scipione Riva-Rocci vererõhu mõõtmise meetodi, mis on aluseks tänapäevastele vererõhu mõõtmise tehnikatele. Riva-Rocci tehnika põhines kummist koti kinnitamises ümber käe ja selle õhku täis pumpamises. Kott oli ümbritsetud mõnest mittevenivast ainest silindriga ning elavhõbeda manomeeter mõõtis rõhku kotile. Rõhku suurendati, kuni pulssi polnud enam tunda. Seejärel survet vähendati ja koos sellega alanes ka elavhõbeda manomeetri näitaja. Manomeetri näit, sellel hetkel, kui pulssi oli uuesti tunda, oli süstoolse vererõhu näitaja (vaata joonis 5).



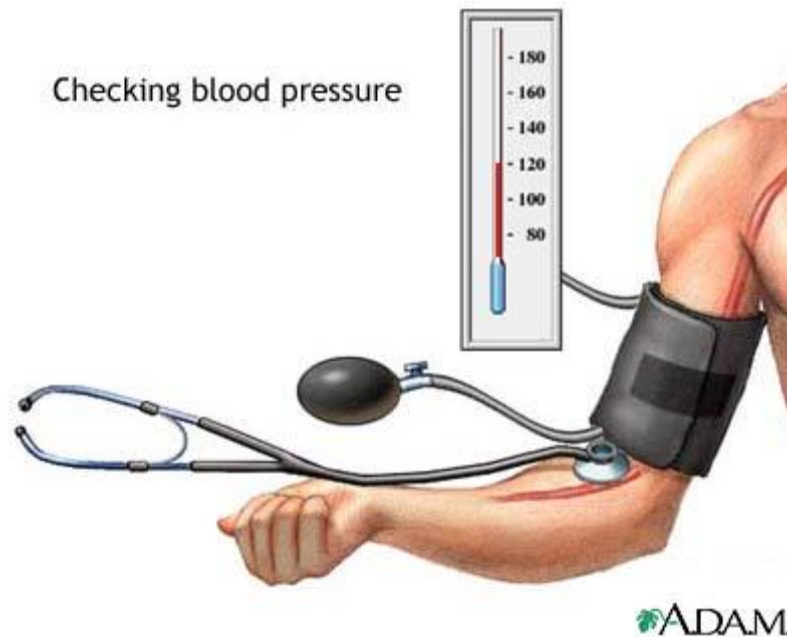
*Riva-Rocci's
sphygmomanometer (1896)*

Joonis 5. S. Riva-Rocci vererõhumõõtja [10].

Eelpool kirjeldatud meetodid sobisid süstoolse vererõhu mõõtmiseks, aga mitte diastoolse jaoks. Diastoolse vererõhu näidu saamiseks hakkasid arstid vaatlema elavhõbeda samba võnkumisi mõõtmisel. Sellel hetkel, kui vererõhumõõtja surve arterile oli võrdne vererõhuga (hetk kui surve vähendamisel pulssi oli uuesti tunda), hakkas survestatud arter põksuma ning sellega tekitama regulaarseid rõhu kõikumisi ümber käe olevale mõõdikule. Sellise võnkumise järgi sai määrata nii süstoolse, kui ka diastoolse vererõhu.

Dr Leonard Hill ja Harold Barnard leiutasid seadme, millel oli nõelaga mõõdik. See oli piisavalt tundlik ning täpne, et mõõta diastoolset vererõhku.

Seniajani viimase suure avastuse vererõhu mõõtmise tehnikate juures tegi vene kirurg Nikolai Korotkoff. Korotkoff avastas, et kui vererõhu mõõtmise ajal kuulata stetoskoobiga küünraõndla läheduses olevat veeni, siis on võimalik kuulda vere liikumise algust, enne kui on tunda pulssi (vaata joonis 6). See võimaldab täpsemalt määrata süstoolset vererõhku. Samuti, kui edasi kuulata, siis hetkel kui vere liikuvus on täielikult taastunud, kaob ka igasugune verevoolu taastumisega kaasnenud heli. Antud hetkel saab määrata diastoolse vererõhu väärtuse. [11]



Joonis 6. Vererõhu mõõtmine koos stetoskoobiga [12].

Vererõhu mõõtmise ajaloo alguseks võib lugeda Stephen Hales katsetust 1733. aastal. Sellest ajast on vererõhu mõõtmise meetodid arenenud. Tänapäeval pole enam vaja vererõhu mõõtmiseks sisestada kanüüli otse arterisse ega isegi treenitud personali olemasolu. Järgnevalt vaatlemegi, kuidas vererõhu mõõtmine tänapäeval käib ning uurime lähemalt, mis võib kaasneda normist erineva vererõhuga.

1.2 Vererõhu mõõtmine

Praegusel ajal on kodus kasutamiseks saadaval mitmeid erinevaid vererõhumõõtlaid. Kõik nad on tänu oma väikestele mõõtudele mobiilsed ning mugavad kasutada. Kõige lihtsam on kasutada täiesti automaatseid ja digitaalseid vererõhumõõtlaid. Täpsemad on need, mis tuleb mõõtmiseks kinnitada õlavarrele, kui need mis käivad randmele või sõrme külge.

Kodus kasutatavat vererõhumõõtlat tuleks kõigepealt kontrollida. Seda saab teha, võttes aparaadi arsti juurde kaasa ning seal võrrelda, kas mõõtmise tulemus ühtib arsti mõõtmise tulemusega. Ühtlasi tuleks iga paari aasta järel saata automaatne vererõhumõõtlaja uuesti kalibreerimiseks tagasi tootjale. [13] [14]

Vererõhu mõõtmine on kontroll, mis aitab tuvastada tervisega seonduvaid probleeme. Kaks vererõhuga seotud tervisehäda on madal vererõhk ehk hüpotensioon ja kõrge vererõhk ehk hüpertensioon.

Vererõhu mõõtmise juures tuleb meeles pidada, et vererõhk on muutlik. Magades see langeb ning ärgates tõuseb. Vererõhk tõuseb ka siis, kui ollakse ärritunud, närviline või füüsilise tegevuse ajal ning vahetult pärast seda.

Vaatame nüüd, millised terviserikked võivad kaasneda normist madalama või kõrgema vererõhuga.

1.2.1 Hüpotensioon

Hüpotensioon on ebatavaliselt madal vererõhk, mille puhul on süstoolne vererõhk alla 90 mm Hg ja diastoolne vererõhk on alla 60 mm Hg.

Madal vererõhk on tervise probleem ainult siis, kui sellega kaasnevad sümptomid nagu pearinglus, väsimus, hägunenud nägemine ja iiveldustunne. [15]

Mõned tervises seisundid võivad põhjustada hüpotensiooni. Need on:

- Rasedus - Raseduse ajal naise vereringeelundkond suureneb kiiresti ning seetõttu vererõhk langeb. Esimese 24 rasedusnädala jooksul langeb tavaliselt süstoolne vererõhk 5 kuni 10 millimeetrit elavhõbedasambal ning diastoolne 10 kuni 15 mm Hg. See on normaalne ning pärast sünnitust taastub raseduseelne vererõhk.
- Südame probleemid - Probleemid nagu südamerabandus, südamepuudulikus, südameklapi probleemid ning väga madal südamelöögisagedus võivad põhjustada, et kehas ringleb liiga vähe verd ning seetõttu langeb ka vererõhk.
- Endokriinsüsteemi probleemid - Endokriinsüsteem hõlmab endas näärmeid, mis eritavad erinevaid hormoone otse vereringesse, et hoida organismi stabiilsena. Vead kilpnäärme töös, neerupealiste puudulikus ning madal veresuhkru tase võivad põhjustada hüpotensiooni.
- Dehüdratsioon - Vedeliku puudus kehas võib põhjustada vereplasma hulga vähenemist ning sellega kaasneb vererõhulangus [16].

- Verekaotus - Verekaotuse korral väheneb vere kogus kehas, põhjustades vererõhu languse ja hüpotensiooni.
- Raske infektsioon - Raske infektsioon tekib siis, kui nakkus levib vereringeelundkonda. Selline seisund võib tekitada eluohtliku vererõhu languse.
- Raske allergiline reaktsioon - Raske allergiline reaktsioon ehk anafülaktiline šokk on potentsiaalselt eluohtlik allergiline reaktsioon. See võib põhjustada hingamisraskusi, löövet, kurgu paistetust ja vererõhu langust.
- Vaegtoitumine - Vitamiin B-12 puudujääk organismis võib põhjustada aneemia ehk seisundi, kus keha ei tooda piisavalt punaseid vereliblesid. Sellega kaasneb madal vererõhk. [17]

Hüpotensioon ehk normist madalam vererõhk võib vihjata mõnele tõsisele terviserikkele. Üldiselt pole hüpotensioon ohtlik erinevalt hüpertensioonist, mida uurimegi järgmisena lähemalt.

1.2.2 Hüpertensioon

Hüpertensioon ehk kõrge vererõhk tähendab, et süstoolne vererõhk on üle 140 mm Hg või diastoolne on üle 90 mm Hg. Kõrget vererõhku jaotatakse kahte klassi, esimese astme hüpertensiooni puhul on süstoolne vererõhk vahemikus 140 - 159 mm Hg või diastoolne vererõhk vahemikus 90 - 99 mm Hg. Teise astme korral on süstoolne üle 160 mm Hg või diastoolne üle 100 mm Hg. Arvestatakse ka eelhüpertensiooni, mis juhul on süstoolne vererõhk vahemikus 120 kuni 139 mm Hg või diastoolne vererõhk 80 mm Hg kuni 89 mm Hg. Lisaks esineb hüpertensiivset kriisi (hüpertooniline kriis), mille ajal tõuseb süstoolne vererõhk üle 210 mm Hg või diastoolne üle 120 mm Hg.

Hüpertensioon esineb tihti ilma märgatavate sümptomiteta. Esimese astme hüpertensiooni kohta pole leitud ühtegi kindlat põhjustajat. Teise astme hüpertensiooni võivad põhjustada neeruprobleemid, neerupealiste kasvaja, kaasasündinud vereringeelundkonna defektid, mitmed ravimid, nagu näiteks

valuvaigistid, rasestumisvastased tabletid, külmetuse ravimid ning mitmed narkootikumid. [18]

Hüpertensiooni riskifaktoriteks loetakse ülekaalulisust, liigset alkoholi tarbimist, suitsetamist, rohkelt küllastunud rasvu või soola sisaldavate toitude tarbimist. Samuti on kõrge vererõhu riskigrupis inimesed, kes on üle 55 aasta vanad või kelle perekonnas on esinenud diabeeti, südamehaigusi või hüpertensiooni. [19]

Ravimata hüpertensioon võib põhjustada mitmeid tervisehädasid:

- Infarkt või insult - kõrge vererõhu tulemusena võivad arterid kõvastuda ja pakseneda. See võib esile kutsuda insuldi, infarkti või teisi terviserikkeid.
- Aneurüsm - kõrgenenud vererõhu tõttu võivad veresooned nõrgeneda ning tekkida aordi osaline laiend ehk aneurüsm. Selle lõhkemine on eluohtlik.
- Südamepuudulikkus - kõrgenenud surve all verd pumbates võib südame muskel pakseneda kuni süda ei suuda enam piisavalt verd ringi pumbata põhjustades südamepuudulikkuse.
- Probleemid mälu ja mõistmisega - hüpertensioon võib häirida mõtlemist, mälu ja õppimisvõimet.

[20]

Hüpertoonilist kriisi võivad põhjustada ravimimürgistus, kasvajad, neeruhaigused, süsteemsed sidekoehaigused, peatrauma, ajuinsult, rasedustoksikoos ja südameinfarkt. Hüpertensiivse kriisi sümptomiteks on kiire pulss, valulikud torked südamepiirkonnas, halvenenud nägemine, südamelihase infarkt, teadvushäire ja kopsuturse. [21] [22]

Vererõhu mõõtmine on tänapäeval lihtne ning see võimaldab varakult avastada hüpotensiooni või hüpertensiooni, et probleemile tähelepanu pöörata.

Järgmises peatükis proovime ise vererõhku mõõta, kasutades selleks Vernier' vererõhumõõtljat ning LEGO Mindstorms NXT komplekti.

2. Vernier' vererõhumõõtja

Kõrge vererõhk võib põhjustada mitmeid tõsiseid terviserikkeid ning lühendada eluiga. Hüpertensioon esineb tihti ilma märgatavate sümptomiteta ja seega on parim viis selle avastamiseks rutiinne kontroll. Arsti juures käies või verd andes mõõdetakse vererõhku. Vererõhku saab mõõta ka iseseisvalt, kasutades mõnda mobiilset vererõhumõõtjat. Üheks selliseks on näiteks Vernier' vererõhumõõtja, mida vaatleme järgmiseks lähemalt.

2.1 Vernier' vererõhumõõtja kirjeldus

Vernier' vererõhumõõtja komplekti kuuluvad vererõhu sensor, muudetava suurusega käemansett (27 cm - 39 cm) ja pump (vaata joonis 7).



Joonis 7. Vernier' vererõhumõõtja [23].

Vernier' vererõhumõõtja laseb mõõta 0 - 250 mm Hg ja seda 3 mm Hg täpsusega. Mõõtmiseks on vaja vererõhumõõtja ühendada sobiva liidesega. Vernier' vererõhumõõtjat ei toodeta spetsiifiliselt NXT jaoks, vaid on ka kasutatav lisas 1 välja toodud seadmetega.

Selleks, et Vernier' vererõhumõõtjat andmete kogumiseks kasutada, peab sellega ühenduses olev liides olema varustatud sobiva tarkvaraga. Nende loetelu leiab lisast 2.

Järgmiseks vaatame, kuidas käib vererõhu mõõtmine kasutades Vernier' vererõhumõõtjat koos sellega ühilduva liidese ning tarkvaraga.

2.2 Vernier' vererõhumõõtja kasutamine

Vererõhu mõõtmiseks tuleb kõigepealt ühendada vererõhumõõtja mõne sobiva liidesega. Seejärel tuleb paigaldada mansett ümber õlavarre. Mansett peaks asuma umbes 2 cm küünarnukist kõrgemal ning voolikud peaksid väljuma mansetist käe siseküljel, küünraõndla lähedal. Järgmisena tuleb liidesel käivitada andmete kogumine ning kiiresti pumbata mansett täis. See tähendab, et rõhk mansetis peab olema 150 - 170 mm Hg. Mansetis olevat rõhku saab jooksvalt jälgida liidese abil. Pärast mansetis piisava rõhu saavutamist võib pumba lauale asetada. Rõhk mansetis hakkab automaatselt langema ning kui rõhk on langenud alla 50 mm Hg võib pumba juures asuva ventiili alla vajutada ning lasta mansetist välja ülejäänud õhu. Kui liides on lõpetanud andmete kogumise, arvutatakse välja süstoolne ning diastoolne vererõhk ja kuvatakse need.

Mõõtmise jooksul on oluline, et inimene, kelle vererõhku mõõdetakse, ei liiguta end mõõteprotsessi jooksul. Lisaks tuleb käe mõõdetavat alalt eemaldada riietus, mis võib takistada või häirida mõõtmist.

Manseti tühjenemise kiirus peaks jääma vahemiku 2.0 - 4.0 mm Hg sekundis. Erinevuse korral on võimalik manseti tühjenemise kiirust muuta. Selleks tuleb võtta kätte pump nii, et voolik on suunaga endast eemale. Seejärel saab sisestada kruvikeeraja ventiili peal olevasse avasse. Tühjenemise kiiruse suurendamiseks tuleb

keerata kruvikeerajat kellaosuti liikumise suunas, tühjenemise kiiruse vähendamiseks tuleb kruvikeerajat keerata kellaosuti liikumise suunale vastupidises suunas. [24]

Nüüd kui oleme tutvunud Vernier' vererõhumõõdjaga ning vaadanud üle üldise kasutusjuhendi, proovime kasutada Vernier' vererõhumõõdjat koos LEGO Mindstorms NXT komplektiga.

2.3 Vernier' vererõhumõõdja kasutamine koos LEGO Mindstorms NXT komplektiga

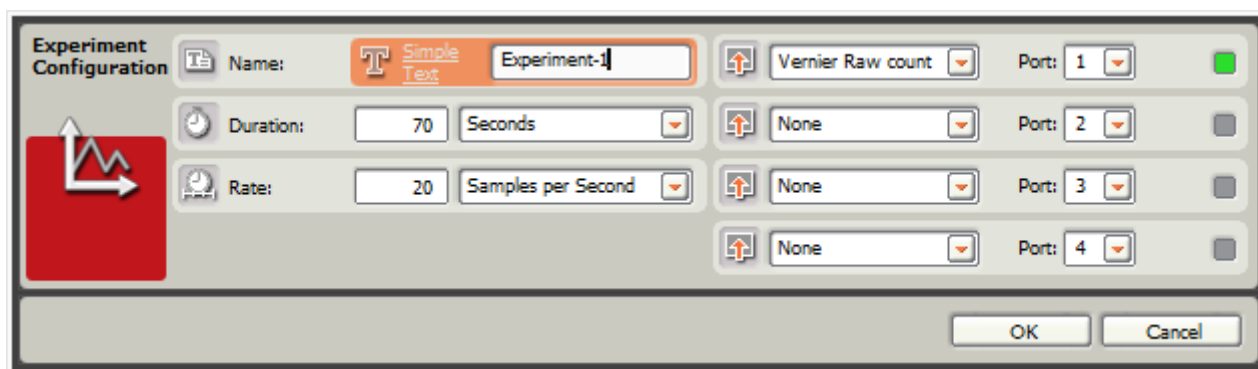
Eelnevalt selgus, et Vernier' vererõhumõõdjaga vererõhu mõõtmiseks tuleb see ühendada mõne sobiva liidesega. Nüüd proovime kasutada liidesena LEGO Mindstorms NXT komplekti ja arvutit koos NXT-G keskkonnaga. Kasutatav NXT-G versioon peab olema vähemalt 2.0, sest vaja läheb andmelogimise võimalust.

Kõigepealt on vaja NXT-G keskkonda importida Vernier' andurite moodul, mis on saadaval Vernier' kodulehel. Mainitud moodul on kõigi Vernier' andurite jaoks ühine. Täpsemad juhised mooduli importimiseks võib leida 2012. aasta Siim Jalakase bakalaaurusetöös: "LEGO MINDSTORMS NXT komplektiga ühilduv soolsuse andur".

Seejärel tuleb ühendada vererõhumõõdja Vernier' adapteri abil NXT juhtploki, kasutades ühte anduri jaoks mõeldud pesa. Andurite jaoks on NXT juhtplokil neli pesa, mis asuvad klotsi alumises osas ning on nummerdatud 1-4. Ühendame ka NXT arvutiga, kasutades selleks USB kaablit. Kaabli NXT poolne ots tuleb ühendada NXT ülaosas olevasse pessa, mis on märgisega USB. Kaabli teise otsa võib ühendada arvuti suvalisse sobivasse USB pessa.

Käivitame NXT-G andmelogimise režiimi. Avanenud aknas on ala nimega "Start New Experiment". Seal saab lahtrisse sisestada alustatavale eksperimendile sobiva nime. Nime lahtri kõrval on nupp Go >> millele tulebki vajutada, kui eksperimendi nimetamine on tehtud. Nupule Go >> vajutades avaneb aken, kus seadistada katse parameetreid.

Vererõhu mõõtmiseks määrame katse kestvuseks 70 sekundit, mõõte sageduseks 20 korda sekundis. Vastavalt pesale, kuhu me NXT juhtplokil ühendasime vererõhumõõtja, määrame sama pordi numbri juures olevaks anduriks Vernier Raw count, ehk toorväärtuse kuna vererõhumõõtja jaoks sobivat vastet nimistus pole. Näiteks, kui ühendasime vererõhumõõtja adapteri abli NXT juhtplokil pessa märgisega 1, siis määrame anduri port 1 juures olevas lahtris (vaata joonis 8). Pärast kõigi vajalike parameetrite seadistamist võib vajutada nupule OK.

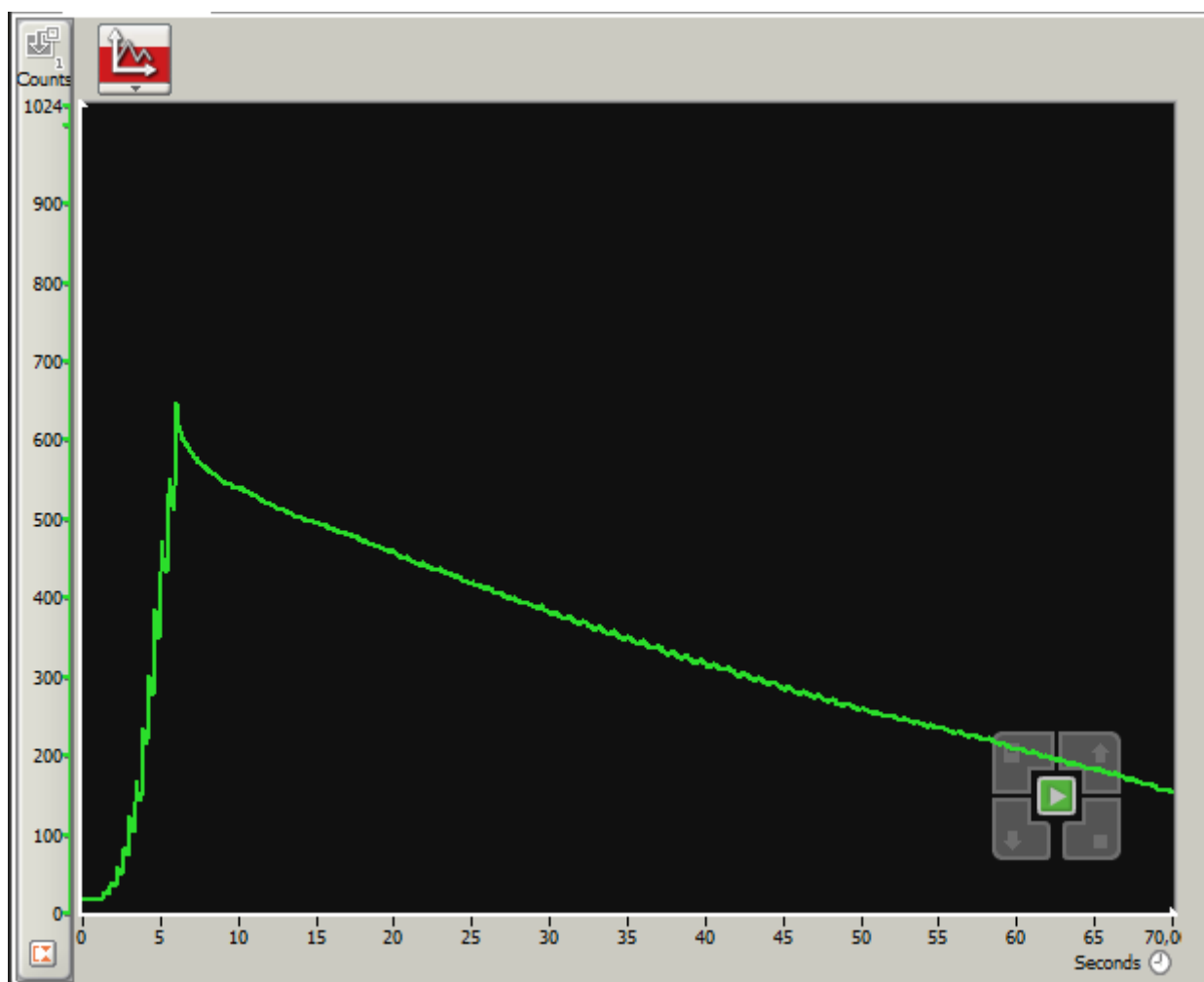


Joonis 8. NXT'G andmelogimise uus eksperiment.

Nüüd on katse ettevalmistused peaaegu valmis. Tuleb veel NXT sisse lülitada, kasutades oranži nuppu.

Vererõhu mõõtmiseks tuleb inimesel, kelle vererõhku mõõdetakse, võtta sisse mugav isteesend. Seejärel võib tema õlavarrele kinnitada manseti nii, et voolikud väljuksid mansetist käe siseküljel, küünraõndla lähedalt. Nüüd võib käivitada eksperimendi, vajutades NXT-G keskkonna aknas rohelisele nupule.

Pärast katse käivitamist tuleb õhupumba abil pumbata mansett täis, kuni NXT-G keskkonna aknas on näha, et rõhk mansetis on umbes 600. Kui NXT-G keskkonna aknas on näha, et programm on lõpetanud või et rõhk on langenud alla 100, võib mansetist õhu välja lasta, vajutades pumba juures olevat ventiilile. Eksperimendi lõppedes peaks NXT-G keskkonna aknas olev pilt sarnanema joonisele 9.



Joonis 9. Vernier' vererõhumõõtja kasutamise tulemus NXT-G keskkonnas.

Saadud tulemus on otsene info, mida Vernier' vererõhumõõtjas olev rõhuandur edastas NXT-G keskkonnale ehk anduri mõõtetulemused kindla intervalliga. Joonisel 9 on näha, et NXT-G keskkond joonistas nende tulemuste põhjal graafiku. Selleks, et teada saada süstoolne ja diastoolne vererõhk, tuleb teha mõned arvutused. Mainitud arvutusi on mugav teha mõne tabelarvutusprogrammiga, mis võimaldab graafikule trendijoont lisada. Sellised programmid on näiteks MS Excel, LibreOffice Calc ja OpenOffice Calc. Käesoleva töö autori eelistuse tõttu vaatleme järgnevalt, kuidas saab eelmainitud arvutusi teha tabelarvutusprogrammiga MS Excel.

2.3.1 Andmete töötlus tabelarvutusprogrammiga

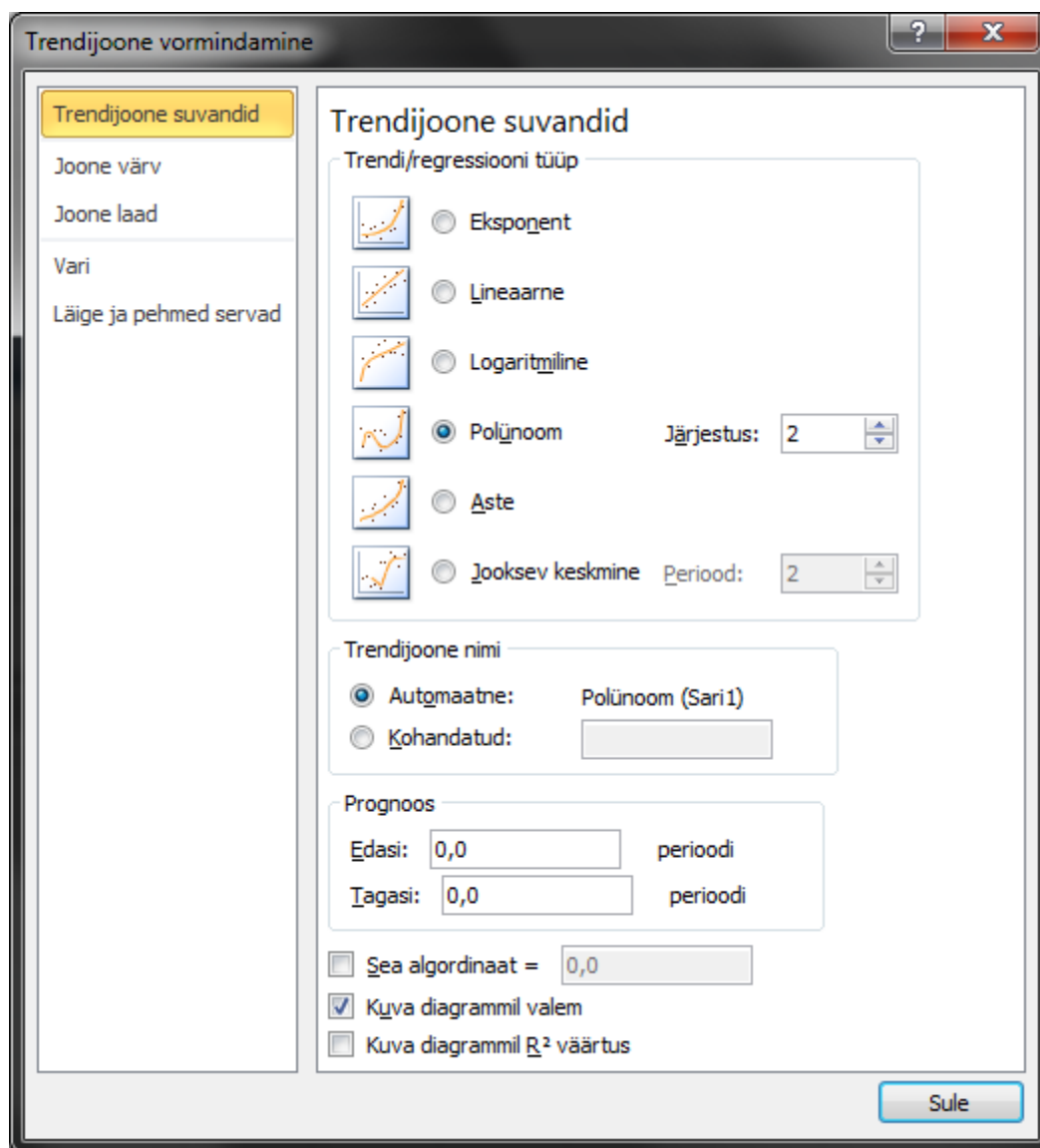
Vernier' vererõhumõõtja kasutamisel koos NXT komplektiga saime tulemuseks terve mõõteperioodi ulatuses väärtusi. Selleks, et nendest väärtustest kätte saada süstoolne ja diastoolne vererõhk, tuleb teha vastavad arvutused.

Leida tuleb MAP (*mean arterial pressure*) ehk keskmine arteriaalne rõhk. Keskmise arteriaalse rõhu saab leida, kui tuvastada hetk, millal pulsist tingitud võnkumine on suurim. Suurima võnke leidmiseks on vaja võnkumise perioodis olevatest väärtustest maha arvestada mansetis oleva surve konstantne langus. Üheks võimaluseks leida selle languse väärtust kindlal ajahetkel, on leida katse tulemusena saadud langeva sirge võrrand ning seejärel rakendada antud võrrandit soovitud väärtusele.

Kõigepealt salvestame kogutud info kasutatavasse formaati. NXT-G keskkond laseb salvestada katse tulemuse logifailina. Selles logifailis on kirjas milliseid andureid kasutati ja mis oli katse pikkus ning mõõtetulemused. Mõõtetulemused on failis viimane osa ning paigutatud tulpadesse. Mõõtetulemuste vasakpoolseimas tulbas on kirjas aeg, millal andur mõõtetulemuse edastas. Teises tulbas on kirjas ajale vastav mõõtetulemus. Mitme anduri kasutamise korral või kui katset on läbi viidud mitu korda, on tulpi rohkem kui kaks. Meie katse korral on logifailis mõõtetulemuste all kaks tulpa ning logifaili suurus on umbes 20 KB. Logifail on kasutatav tavalise tekstifailina. Selleks, et logifaili salvestada, valime File menüü alt Save As.. ning salvestame logifaili ise valitud sobivasse kohta.

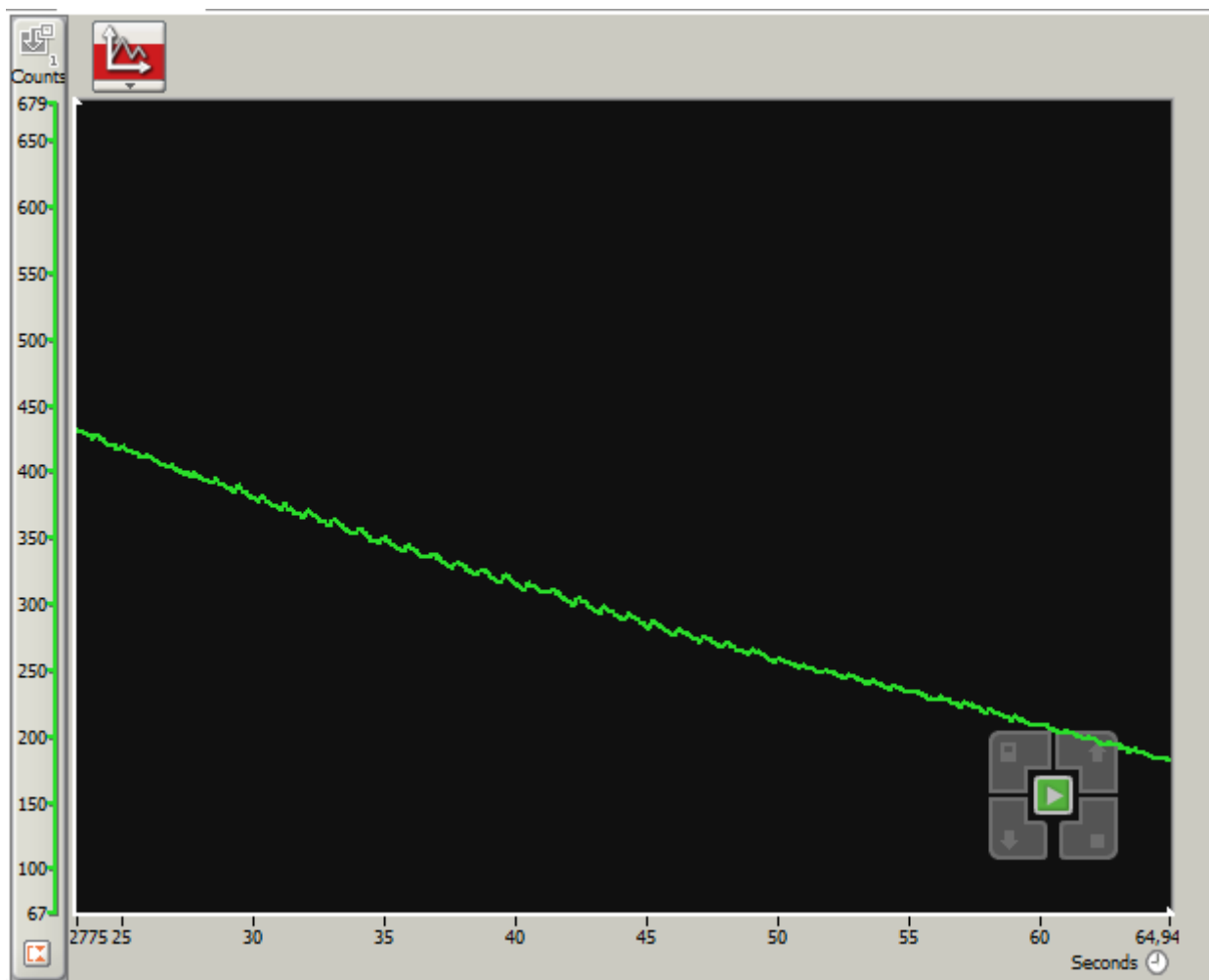
Avame äsja salvestatud logifaili ning kopeerime sealt ainult mõõtetulemused koos ajaga MS Exceli programmi. Exceli programmis loome punktdiagrammi. Diagrammis valime kasutatavateks andmeteks väärtused alates hetkest, kui pumpamine sai lõpetatud, ning kuni hetkeni kui õhk lasti ventiilile vajutamise abil mansetist välja. Kui programm jõudis lõpuni ilma, et manuaalselt oleks õhk välja lastud, siis võib võtta lõpuni kõik andmed diagrammi. Diagrammis kasutavate andmete piire võib muuta nii, et väljajoonistuv diagramm oleks sirglõigu sarnane

Kui diagramm on valmis, siis tuleb diagrammile lisada trendijoon (ingl *trendline*). Seda saab teha, kui diagramm on selekteeritud ning liikudes paigutus (ingl *Layout*) sakile ja valides sealt trendijoon. Avanevas menüüs tuleb valida Veel trendijoonesuvandeid... (ingl *More Trendline Options...*) Selle peale avaneb aken, kus tuleb valida polünoom (ingl *Polynomial*) ning teha linnuke Kuva diagrammil valem (ingl *Display Equation on chart*) ette (vaata joonis 10).



Joonis 10. MS Excel trendline options.

Uurides lähemalt NXT-G keskkonnas olevat diagrammi, saame sellelt tuvastada, millal tekivad pulsi tekitatud võnked. Võnkeid on lihtsam leida, kui kasutada luubi kujulist pluss märgiga tööriista ning suurendada pilti (vaata joonis 11).



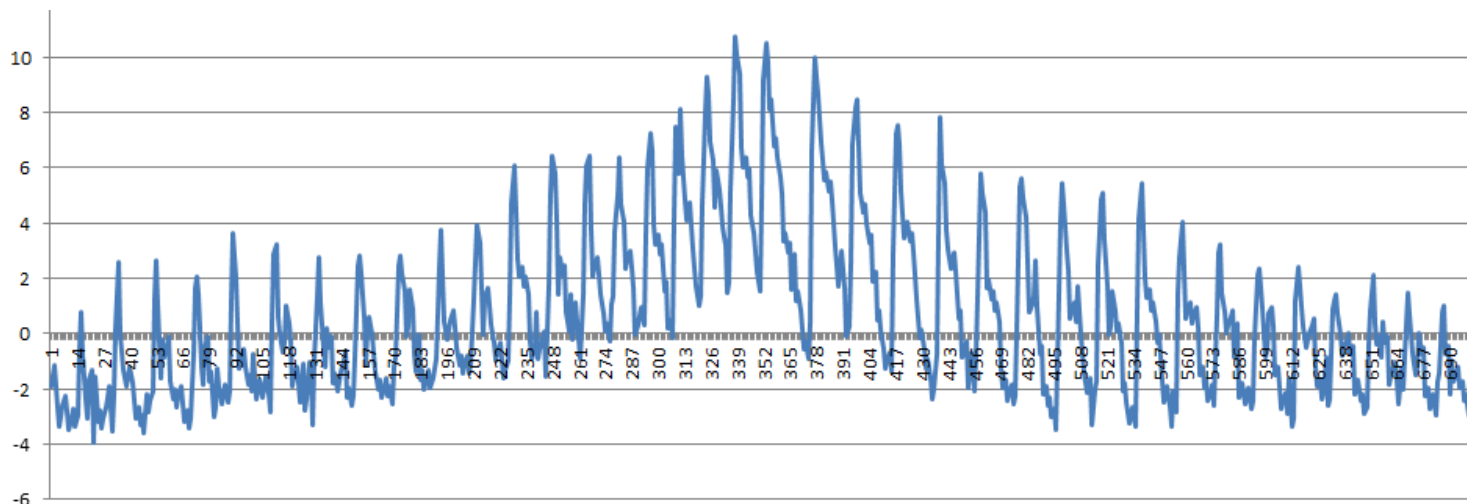
Joonis 11. Vernier' vererõhumõõtja kasutamise tulemus NXT-G komplektiga, suurendatud.

Vahemikule, kuhu võnkumine jääb, tuleb Exceli tabelis rakendada trendijoonega saadud võrrandit. Näiteks joonisel 11 on näha, et võnkumine jääb vahemikku 25-60 sekundit. Seega tuleb trendijoonet rakendada sellele vahemikule (vaata joonis 12).

C501		fx		= 0,0377*A501^2 - 9,2994*A501 + 626,88					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
499	24,9	417			Trendline võrrand: $y = 0,0377x^2 - 9,2994x + 626,88$				
500	24,95	417							
501	25	419	417,9575						
502	25,05	419	417,5869						
503	25,1	418	417,2164						
504	25,15	417	416,8462						
505	25,2	415	416,4761						
506	25,25	415	416,1063						
507	25,3	415	415,7366						
508	25,35	415	415,3671						
509	25,4	415	414,9978						
510	25,45	413	414,6287						
511	25,5	414	414,2597						
512	25,55	413	413,891						
513	25,6	413	413,5224						

Joonis 12. Võrrandi rakendamine vahemikule.

Seejärel tuleb algsest väärtusest lahutada arvutatud väärtus ning saadud tulemused koondada kokku joondigrammi (vaata joonis 13). Diagrammilt tuleb välja otsida kõrgeim tipp. Antud tipu juures olnud originaalväärtus on MAP (*mean arterial pressure*) ehk keskmine arteriaalne rõhk.



Joonis 13. Joondigramm keskmise arteriaalse rõhu leidmiseks.

Selles punktis vaatasime, kuidas esmasest mõõtetulemusest arvutada välja keskmine arteriaalne rõhk. Nüüd tuleb välja arvutatud väärtus teisendada anduri

mõõdustikust vererõhu määramiseks mõeldud mõõdustikku, mille ühikuteks on millimeetrid elavhõbeda sambal (mm Hg). Lisaks tuleb keskmise arteriaalse rõhu järgi leida süstoolse ja diastoolse vererõhu väärtused. Seda kõike uurimegi järgmises punktis.

2.3.2 Mõõtetulemuse teisendamine ning vererõhu väärtuste leidmine

Eelnevalt arvutasime anduri edastatud esialgsetest väärtustest välja keskmise arteriaalse rõhu. Nüüd teisendame selle väärtuse reaalsesse ühikutesse. Selleks tuleb saadud väärtus jagada arvuga 3,4. (Vastuse küsimusele miks 3,4, leiab lisas 3.) Näiteks joonisel 13 kõrgeima tipu juurde kuuluv originaalväärtus oli 323, seega tuleb jagada 323 arvuga 3,4. Sellisel juhul saame tulemuseks 95.

Nüüd on meil olemas keskmise arteriaalse rõhu väärtus ühikutes mm Hg. Keskmine arteriaalne rõhk on võrdne kahekordse diastoolse vererõhu väärtuse ning süstoolse vererõhu väärtuse summa jagamisel kolmega. Teisisõnu keskmine arteriaalne rõhk ehk MAP (mean arterial pressure) = $[(2 \times \text{diastoolne}) + \text{süstoolne}] / 3$ [25].

Süstoolse ja diastoolse vererõhu väärtuste leidmiseks ei hakka me eelmainitud valemit lahendama. Selle asemel otsime lisas 4 tabelitest 1 - 6 eelnevalt arvutatud väärtuse ning leiame sellele vastavad süstoolse ja diastoolse vererõhu väärtused. Ühele keskmisele arteriaalse rõhu väärtusele vastatavad mitu erinevat süstoolse ja diastoolse vererõhu väärtuste paare. Seega ei saa kindlaks määrata vererõhu väärtusi vaid leida mõned tõenäolised variandid. Näiteks eelnevalt saime arvutamise tulemuseks, et keskmine arteriaalne rõhk on 95. Seega mõned võimalikud süstoolse ja diastoolse vererõhu väärtuste paarid on 107/89; 109/88; 139/73.

Tabelid 1 - 6 hõlmavad endas keskmise arteriaalse rõhu väärtusi normaal vererõhu piirkonnas. See tähendab, et kui mõõte- ning arvutustulemusena saadud teisendatud väärtus on suurem kui tabelis olev suurim väärtus, siis liigitub arvatavasti mõõdetud vererõhk hüpertensiooni alla. Sarnaselt, kui saadud väärtus on väiksem kui väärtused tabelis, siis võib olla tegu hüpotensiooniga.

Selles peatükis mõõtsime NXT komplekti ning Vernier' vererõhumõõdja abil vererõhku. Uurisime, kuidas arvutada välja saadud mõõtetulemusest keskmine arteriaalne rõhk. Seejärel vaatasime, kuidas saadud väärtust teisendada ning lõpuks proovisime tuvastada mõõdetud väärtustest süstoolse ja diastoolse vererõhu väärtused.

Järgmises peatükis uurime, milliseid ülesandeid saab lahendada, kasutades Vernier' vererõhumõõdjat ja NXT komplekti.

3. Ülesanded Vernier' vererõhumõõtjale

Selles peatükis vaatame, millist laadi ülesandeid on võimalik NXT komplekti ja Vernier' vererõhumõõtjaga lahendada.

Teises peatükis tutvustatud meetod Vernier' vererõhumõõtja ja NXT komplekti kasutamiseks ei anna rakendamisel tulemuseks ühte kindlat süstoolse ja diastoolse vererõhu väärtuste paari. Seetõttu pole mõistlik lahendada lihtsaid statistikapõhiseid ülesandeid süstoolse või diastoolse vererõhu väärtuse suhtes. Näiteks teatud grupi inimeste aritmeetilise keskmise süstoolse vererõhu väärtuse leidmine jms.

Lihtsaid statistikapõhiseid ülesandeid saaks siiski lahendada, kui vaadeldavaks väärtuseks valida keskmine arteriaalne rõhk. Sellisel juhul saaks leida näiteks vaadeldava grupi liikmete keskmise arteriaalse rõhu maksimaalse ja minimaalse väärtuse või aritmeetilise keskmise ning mediaani jms.

Ülesanded, mis põhinevad keskmisel arteriaalsel rõhul, on vähem informatiivsed, kui ülesanded, mis põhineksid süstoolse või diastoolse vererõhu väärtustel. Selle põhjuseks on kindlate vererõhu väärtuste puudumine keskmise arteriaalse rõhu kohta.

Vernier' vererõhumõõtjat saab kasutada koos NXT komplektiga lihtsate statistikapõhiste ülesannete lahendamiseks, kuid saadavad tulemused on vähe informatiivsed. Järgmiseks uurime keerulisemaid katsetusi, mida saab teha, kui on võimalik kasutada lisaks stetoskoopi (kuulatlustoru) või mõnda teist vererõhumõõtjat.

3.1 Vernier' vererõhumõõtja tulemuste teisenduskordaja täpsuse suurendamine

Selles punktis läheb vaja teist vererõhumõõtjat, et leida väärtuste teisendamiseks sobiv kordaja.

Teises peatükis teisendasime mõõtetulemustest välja arvutatud keskmise arteriaalse rõhu väärtuse ühikutesse mm Hg. Teisendamiseks jagasime väärtuse arvuga 3,4. Nüüd proovime ise leida teisendamiseks sobiva arvu.

Lahendamiseks tuleb korduvalt, vähemalt 10 korda, mõõta vererõhku kasutades Vernier' vererõhumõõtjat koos NXT komplektiga ning mõnda muud vererõhumõõtjat. Inimesed, kelle vererõhku mõõdetakse, võivad olla erinevad. Oluline on mõõta sama inimese vererõhku mõlema aparaadiga võimalikult väikese ajavahega ning seejärel saadud tulemused ka salvestada.

Vernier' vererõhumõõtja tulemuste puhul tuleb kasutada teises peatüki kirjeldatud meetodit kuni saadud väärtuse teisendamiseni. Saadud väärtus on keskmine arteriaalne väärtus ning see peab jääma originaalmõõdustiku. Teise vererõhumõõtja tulemuste juures tuleb rakendada valemit: $[(2 \times \text{diastoolne}) + \text{süstoolne}] / 3$ [25]. Selle valemiga leiame keskmise arteriaalse rõhu väärtuse.

Seejärel tuleb jagada Vernier' aparaadiga saadud tulemustest arvutatud keskmise arteriaalse rõhu väärtus teise vererõhumõõtja tulemustest saadud keskmise arteriaalse rõhu väärtusega. Lõpuks tuleb leida saadud jagatiste aritmeetiline keskmine. See arv ongi otsitud teisenduskordaja.

Selles punktis leidsime teise vererõhumõõtja abiga arvu, mis sobib Vernier' vererõhumõõtja tulemustest arvutatud väärtuste teisendamiseks ühikutesse mm Hg. Selleks leidsime mõlema vererõhumõõtjaga korduvalt keskmise arteriaalse rõhu väärtuse ning jagasime need omavahel ning lõpuks leidsime jagatiste aritmeetilise keskmise.

Järgmiseks proovime stetoskoobi abil analüüsida keskmise arteriaalse rõhu ja süstoolse vererõhu suhet.

3.2 Keskmise arteriaalse rõhu ja süstoolse vererõhu suhe

Selles punktis kasutame stetoskoopi ning proovime analüüsida keskmise arteriaalse rõhu suhet süstoolse vererõhuga.

Möödame Vernier' vererõhumõõtjaga vererõhku rakendades teises peatükis väljatoodud meetodit, kuid teeme ühe väikese muudatuse. Pärast seda, kui oleme manseti täis pumbanud ning ootame, et liides andmeid koguks, kuulame stetoskoobiga küünraõndla juures asuvat arterit. Märgime üles NXT-G keskkonna näidu sellel hetkel, kui kuuleme stetoskoobi abil pulssi. Ülesmärgitud väärtus tähistab süstoolse vererõhu väärtust anduri toores mõõdustikus.

Möödame korduvalt, vähemalt 25 korda, vererõhku ning märgime iga kord ka üles NXT-G keskkonna näidu pulsi kuulmise hetkel. Ülesmärgitud näidu teisendame sarnaselt keskmise rõhu väärtusele ühikutesse mm Hg. Selleks jagame ülesmärgitud näidu arvuga 3,4.

Olles kogunud piisavalt infot, proovime analüüsida keskmise arteriaalse rõhu suhet süstoolse vererõhuga. Proovime mõista, kuidas leida keskmise arteriaalse rõhu järgi õige süstoolse rõhu väärtus. Väljamõeldud teooriat võib testida. Selleks käitume sarnaselt eelnevale, kuid jätame ülesmärgitud väärtuse ehk süstoolse vererõhu väärtuse teisendamise viimaseks. Enne seda otsime tabelitest süstoolse vererõhu väärtuse, mis peaks olema väljamõeldud teooria kohaselt õige. Lõpuks teisendame ülesmärgitud väärtuse ning võrdleme kahte süstoolse vererõhu väärtust.

Selles punktis kasutasime Vernier' vererõhumõõtjat ning stetoskoopi, et analüüsida keskmise arteriaalse rõhu ja süstoolse vererõhu suhet. Sellel ülesandel pole õiget ega valet vastust. Ülesande eesmärgiks on rakendada analüüsivat mõtteviisi.

Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureuse töö eesmärgiks oli luua õppematerjal, mille järgi saavad Kooliroboti projektiga liitunud koolide õpilased õppida kasutama Vernier' vererõhumõõtit koos LEGO Mindstorms NXT komplektiga.

Antud töös on olemas informatsioon vererõhu kui füüsikalise nähtuse kohta, kasutusjuhend LEGO Mindstorms NXT komplekti ja Vernier' vererõhumõõti kasutamiseks ning mõned ülesannete ideed, mida saab lahendada kasutades Vernier' vererõhumõõtit ja NXT komplekti.

Töö käigus valminud õppematerjal leiab arvatavasti kasutust Kooliroboti projektis. Eeldatavasti hakkavad seda kasutama Kooliroboti projektiga liitunud koolide õpetajad. Sellega on töö autor arvestanud ning püüdnud sõnastada ning vormistada materjali nii, et see oleks arusaadav ka teemaga võrdlemisi vähetuttavale isikule.

Töö loomine oli hariv, kuid osutus kohati keerulisemaks kui esialgselt võis arvata. Suurimaks katsumuseks sai anduri tulemuste teisendamine. Algselt eeldasin, et andurist saab kätte ühe või kaks väärtust, mida saab lihtsalt teisendada. Hiljem selgus, et kasutatava tulemuse kättesaamiseks, tuleb teha küllaltki palju arvutusi.

Valminud tööga olen rahul, sest seda võib lugeda terviklikuks dokumendiks, mida saab kasutada õppematerjalina. Samaaegselt jääb häirima, et teises peatükis kirjeldatud meetod Vernier' vererõhu mõõti kasutamiseks koos NXT komplektiga annab kasutamisel umbmääraseid tulemusi. Täpsema meetodi välja töötamine oleks arvatavasti olnud oluliselt palju töömahukam ning keerulisem.

LEGO Mindstorms NXT compatible with Vernier blood pressure sensor

Bachelor Thesis

Gustav Amer

Summary

The aim of this thesis is to create complete document about LEGO Mindstorms NXT compatible with Vernier blood pressure sensor, which can be used at schools. This thesis should also help teachers to make learning more interesting for students.

The thesis is divided into three paragraphs. The first paragraph describes blood pressure as a physical phenomenon. The paragraph also contains a brief history of measuring blood pressure. The second paragraph focuses on the usage of LEGO Mindstorms NXT kit together with Vernier blood pressure sensor. In the paragraph there is a basic guide, how to use Vernier blood pressure sensor and thorough guide on how to use the mentioned Vernier blood pressure sensor with LEGO Mindstorms NXT kit. The paragraph also describes all the calculation that need to be carried out in order to get a reasonable value from the measurements. The third paragraph contains an overview of exercises and experiments that can be solved or carried out by using LEGO Mindstorms NXT kit with Vernier blood pressure sensor.

This thesis follows same principles as the other theses about LEGO Mindstorms NXT kit. They share similar structure and intent of being used in estonian schools.

Kasutatud kirjandus

1. Kooliroboti projekt.
<http://www.robootika.ee/lego/projekt/index.php/projektist/> (11.mai 2013)
2. Vikipeedia, LEGO Mindstorms NXT.
http://en.wikipedia.org/wiki/Lego_Mindstorms_NXT (11.mai 2013)
3. Joonis "NXT jutkplakk"
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/cc/Nxt-brique.jpg/462px-Nxt-brique.jpg> (11.mai 2013)
4. RoboDesigners, NXT-G
<http://www.robodesigners.com/programming/nxtg.htm> (11.mai 2013)
5. Joonis "Vere rõhumine veresoonte"
http://img.webmd.com/dtmcms/live/webmd/consumer_assets/site_images/articles/health_and_medical_reference/heart_and_blood_vessels/blood_pressure4.jpg (11.mai 2013)
6. Inimene, vererõhk.
http://static.inimene.ee/index.php?sisu=teemakeskus¢ral_id=14&article_id=178 (11.mai 2013)
7. WebMD, Low blood pressure <http://www.webmd.com/heart/understanding-low-blood-pressure-basics> (11.mai 2013)
8. Joonis "Hales'i vererõhu mõõtmise"
<http://media-2.web.britannica.com/eb-media/28/8428-004-B6B5E9EC.jpg> (11.mai 2013)
9. Joonis "Vierordt'i sfümograaf"
http://cms.firstsoftsolutions.net/Images/Virordt%20Oswald/1168a_sm.jpg (11.mai 2013)
10. Joonis "Riva-Rocci vererõhumõõtja"
<http://pacs.unica.it/biblio/old/fig47e.jpg> (11.mai 2013)
11. Section of the History of Medicine
www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1543468/pdf/procrsmed00089-0065.pdf (11.mai 2013)
12. Joonis "vererõhu mõõtmise koos stetoskoobiga"
http://www.healthcentral.com//common/images/8/8693_3936_5.jpg (11.mai 2013)

13. Maaleht, kuidas mõõta vererõhku
<http://www.maaleht.ee/news/tarbija/tervis/kuidas-moota-vererohku.d?id=56767724> (11.mai 2013)
14. Blood Pressure UK, How to choose the right blood pressure monitor
<http://www.bloodpressureuk.org/BloodPressureandyou/Homemonitoring/Choosingyourmonitor> (11.mai 2013)
15. National Heart, Lung, and Blood Institute, What is Hypotension
<http://www.nhlbi.nih.gov/health/health-topics/topics/hyp/> (11.mai 2013)
16. Medicine Net, Definition of Hypovolemia
<http://www.medterms.com/script/main/art.asp?articlekey=3871> (11.mai 2013)
17. Mayo Clinic, Low blood pressure (hypotension)
<http://www.mayoclinic.com/health/low-blood-pressure/DS00590/DSECTION=causes> (11.mai 2013)
18. Mayo Clinic, High blood pressure (hypertension), causes
<http://www.mayoclinic.com/health/high-blood-pressure/DS00100/DSECTION=causes> (11.mai 2013)
19. WebMD, Understanding High Blood Pressure
<http://www.webmd.com/hypertension-high-blood-pressure/guide/understanding-high-blood-pressure-basics?page=2> (11.mai 2013)
20. Mayo Clinic, High blood pressure (hypertension), complications
<http://www.mayoclinic.com/health/high-blood-pressure/DS00100/DSECTION=complications> (11.mai 2013)
21. Inimene, hüpertensiivne kriis
<http://static.inimene.ee/index.php?disease=h&sisu=disease&did=772> (11.mai 2013)
22. National Heart, Lung, and Blood Institute, What is High Blood Pressure
<http://www.nhlbi.nih.gov/health/health-topics/topics/hbp/> (11.mai 2013)
23. Joonis "Vernier" vererõhumõõtja
http://www.vernier.com/images/cache/product.bps-bta_physiology_hero.002.482.332.jpg (11.mai 2013)
24. Vernier, Blood Pressure Sensor, manual
<http://www.vernier.com/files/manuals/bps-bta.pdf> (11.mai 2013)
25. GlobalRPh, Mean arteriaal pressure
<http://www.globalrph.com/map.htm> (11.mai 2013)

LISAD

Lisa 1- Vernier' vererõhumõõtjaga ühilduvad liidesed:

- Vernier LabQuest 2 või originaal LabQuest eraldiseisva seadmena või koos arvutiga.
- Vernier LabQuest Mini koos arvutiga.
- Vernier LabPro koos arvutiga.
- Vernier Go!Link
- Vernier EasyLink
- Vernier SensorDAQ
- TI-Nspire™ Lab Cradle

Lisa 2 - Vernier' vererõhumõõtjaga ühilduvad liideste tarkvarad:

- Logger Pro
- Logger Lite
- LabQuest App
- DataQuest™ tarkvara TI-Nspire™ jaoks
- LabVIEW

Lisa 3 - Mõõtetulemuste teisendamine

Kasutades Vernier' vererõhumõõtit koos NXT juhtklotsi ning NXT-G andmelogimisrežiimiga on võimalik saada piisavalt andmeid, et arvutada välja MAP (*mean arterial pressure*), ehk keskmine arteriaalne rõhk. Saadav tulemus on anduri toores mõõdestik, ehk väärtus vahemikus 0 - 1023.

Leidmaks väärtust, millega korrutades saaks anduri väärtuse teisendada ühikutesse mm Hg, tegi antud lõputöö autor järgneva katse. Autor mõõtis kaheteistkümnel korral vererõhku, kasutades Vernier' vererõhumõõtit ning Omron M4 vererõhumõõtit. Seejärel arvutas autor välja keskmise arteriaalse rõhu, kasutades Vernier' andur tulemuste juures antud töös kirjeldatud meetodit ning Omron vererõhumõõti tulemuste juures valemit: $MAP = [(2 \times \text{diastoolne}) + \text{süstoolne}] / 3$ [25].

Seejärel jagas autor iga Vernier' anduriga saadud tulemustest välja arvutatud keskmise arteriaalse rõhu väärtuse vastava Omron vereõhumõõti poolt saadud tulemustest arvutatud keskmise arteriaalse rõhu väärtusega. Saadud jagatiste aritmeetilist keskmist võib lugeda otsitud kordajaks.

Leitud väärtused on varieeruvad ning leitud jagatiste aritmeetiline keskmine võib anda kasutamisel ebatäpseid tulemusi (vaata tabel 7).

Vernier	Omron M4	Vernier/Omron M4
415	93,3	4,448017
355	90,7	3,914002
398	88,3	4,507361
335	102,7	3,261928
379	106,3	3,565381
348	102	3,411765
217	90,3	2,403101
256	112,7	2,271517
333	91,3	3,647317
276	82,7	3,337364
248	81,3	3,050431
	Keskmine:	3,438016

Tabel 7. Vernier' ja Omron vererõhumõõtjate keskmise arteriaalse surve väärtusete võrdlus ning jagatised.

Lisa 4 - Keskmise arteriaalne rõhk

		Süstoolne mm Hg								
		90	91	92	93	94	95	96	97	98
Diastoolne mm Hg	60	70	70,33333	70,66667	71	71,33333	71,66667	72	72,333	72,6667
	61	70,66667	71	71,33333	71,66667	72	72,33333	72,667	73	73,3333
	62	71,33333	71,66667	72	72,33333	72,66667	73	73,333	73,667	74
	63	72	72,33333	72,66667	73	73,33333	73,66667	74	74,333	74,6667
	64	72,66667	73	73,33333	73,66667	74	74,33333	74,667	75	75,3333
	65	73,33333	73,66667	74	74,33333	74,66667	75	75,333	75,667	76
	66	74	74,33333	74,66667	75	75,33333	75,66667	76	76,333	76,6667
	67	74,66667	75	75,33333	75,66667	76	76,33333	76,667	77	77,3333
	68	75,33333	75,66667	76	76,33333	76,66667	77	77,333	77,667	78
	69	76	76,33333	76,66667	77	77,33333	77,66667	78	78,333	78,6667
	70	76,66667	77	77,33333	77,66667	78	78,33333	78,667	79	79,3333
	71	77,33333	77,66667	78	78,33333	78,66667	79	79,333	79,667	80
	72	78	78,33333	78,66667	79	79,33333	79,66667	80	80,333	80,6667
	73	78,66667	79	79,33333	79,66667	80	80,33333	80,667	81	81,3333
	74	79,33333	79,66667	80	80,33333	80,66667	81	81,333	81,667	82
	75	80	80,33333	80,66667	81	81,33333	81,66667	82	82,333	82,6667
	76	80,66667	81	81,33333	81,66667	82	82,33333	82,667	83	83,3333
	77	81,33333	81,66667	82	82,33333	82,66667	83	83,333	83,667	84
	78	82	82,33333	82,66667	83	83,33333	83,66667	84	84,333	84,6667
	79	82,66667	83	83,33333	83,66667	84	84,33333	84,667	85	85,3333
	80	83,33333	83,66667	84	84,33333	84,66667	85	85,333	85,667	86
	81	84	84,33333	84,66667	85	85,33333	85,66667	86	86,333	86,6667
	82	84,66667	85	85,33333	85,66667	86	86,33333	86,667	87	87,3333
	83	85,33333	85,66667	86	86,33333	86,66667	87	87,333	87,667	88
	84	86	86,33333	86,66667	87	87,33333	87,66667	88	88,333	88,6667
	85	86,66667	87	87,33333	87,66667	88	88,33333	88,667	89	89,3333
	86	87,33333	87,66667	88	88,33333	88,66667	89	89,333	89,667	90
	87	88	88,33333	88,66667	89	89,33333	89,66667	90	90,333	90,6667
	88	88,66667	89	89,33333	89,66667	90	90,33333	90,667	91	91,3333
	89	89,33333	89,66667	90	90,33333	90,66667	91	91,333	91,667	92
	90	90	90,33333	90,66667	91	91,33333	91,66667	92	92,333	92,6667

Tabel 1. Keskmise arteriaalne rõhk, Süstoolne vererõhuväärtus vahemikus 90 – 98 mm Hg.

		Süstoolne mm Hg								
		99	100	101	102	105	106	107	108	109
Diastoolne mm Hg	60	73	73,33333	73,66667	74	75	75,33333	75,66667	76	76,33333
	61	73,66667	74	74,33333	74,6667	75,66667	76	76,33333	76,66667	77
	62	74,33333	74,66667	75	75,3333	76,33333	76,66667	77	77,33333	77,66667
	63	75	75,33333	75,66667	76	77	77,33333	77,66667	78	78,33333
	64	75,66667	76	76,33333	76,6667	77,66667	78	78,33333	78,66667	79
	65	76,33333	76,66667	77	77,3333	78,33333	78,66667	79	79,33333	79,66667
	66	77	77,33333	77,66667	78	79	79,33333	79,66667	80	80,33333
	67	77,66667	78	78,33333	78,6667	79,66667	80	80,33333	80,66667	81
	68	78,33333	78,66667	79	79,3333	80,33333	80,66667	81	81,33333	81,66667
	69	79	79,33333	79,66667	80	81	81,33333	81,66667	82	82,33333
	70	79,66667	80	80,33333	80,6667	81,66667	82	82,33333	82,66667	83
	71	80,33333	80,66667	81	81,3333	82,33333	82,66667	83	83,33333	83,66667
	72	81	81,33333	81,66667	82	83	83,33333	83,66667	84	84,33333
	73	81,66667	82	82,33333	82,6667	83,66667	84	84,33333	84,66667	85
	74	82,33333	82,66667	83	83,3333	84,33333	84,66667	85	85,33333	85,66667
	75	83	83,33333	83,66667	84	85	85,33333	85,66667	86	86,33333
	76	83,66667	84	84,33333	84,6667	85,66667	86	86,33333	86,66667	87
	77	84,33333	84,66667	85	85,3333	86,33333	86,66667	87	87,33333	87,66667
	78	85	85,33333	85,66667	86	87	87,33333	87,66667	88	88,33333
	79	85,66667	86	86,33333	86,6667	87,66667	88	88,33333	88,66667	89
	80	86,33333	86,66667	87	87,3333	88,33333	88,66667	89	89,33333	89,66667
	81	87	87,33333	87,66667	88	89	89,33333	89,66667	90	90,33333
	82	87,66667	88	88,33333	88,6667	89,66667	90	90,33333	90,66667	91
	83	88,33333	88,66667	89	89,3333	90,33333	90,66667	91	91,33333	91,66667
	84	89	89,33333	89,66667	90	91	91,33333	91,66667	92	92,33333
	85	89,66667	90	90,33333	90,6667	91,66667	92	92,33333	92,66667	93
	86	90,33333	90,66667	91	91,3333	92,33333	92,66667	93	93,33333	93,66667
	87	91	91,33333	91,66667	92	93	93,33333	93,66667	94	94,33333
	88	91,66667	92	92,33333	92,6667	93,66667	94	94,33333	94,66667	95
	89	92,33333	92,66667	93	93,3333	94,33333	94,66667	95	95,33333	95,66667
	90	93	93,33333	93,66667	94	95	95,33333	95,66667	96	96,33333

Tabel 2. Keskmine arteriaalne rõhk, Süstoolne vererõhuväärtus vahemikus 99 – 109 mm Hg.

		Süstoolne mm Hg								
		110	111	112	113	114	115	116	117	118
Diastoolne mm Hg	60	76,66667	77	77,33333	77,66667	78	78,33333	78,66667	79	79,33333
	61	77,33333	77,66667	78	78,33333	78,66667	79	79,33333	79,66667	80
	62	78	78,33333	78,66667	79	79,33333	79,66667	80	80,33333	80,66667
	63	78,66667	79	79,33333	79,66667	80	80,33333	80,66667	81	81,33333
	64	79,33333	79,66667	80	80,33333	80,66667	81	81,33333	81,66667	82
	65	80	80,33333	80,66667	81	81,33333	81,66667	82	82,33333	82,66667
	66	80,66667	81	81,33333	81,66667	82	82,33333	82,66667	83	83,33333
	67	81,33333	81,66667	82	82,33333	82,66667	83	83,33333	83,66667	84
	68	82	82,33333	82,66667	83	83,33333	83,66667	84	84,33333	84,66667
	69	82,66667	83	83,33333	83,66667	84	84,33333	84,66667	85	85,33333
	70	83,33333	83,66667	84	84,33333	84,66667	85	85,33333	85,66667	86
	71	84	84,33333	84,66667	85	85,33333	85,66667	86	86,33333	86,66667
	72	84,66667	85	85,33333	85,66667	86	86,33333	86,66667	87	87,33333
	73	85,33333	85,66667	86	86,33333	86,66667	87	87,33333	87,66667	88
	74	86	86,33333	86,66667	87	87,33333	87,66667	88	88,33333	88,66667
	75	86,66667	87	87,33333	87,66667	88	88,33333	88,66667	89	89,33333
	76	87,33333	87,66667	88	88,33333	88,66667	89	89,33333	89,66667	90
	77	88	88,33333	88,66667	89	89,33333	89,66667	90	90,33333	90,66667
	78	88,66667	89	89,33333	89,66667	90	90,33333	90,66667	91	91,33333
	79	89,33333	89,66667	90	90,33333	90,66667	91	91,33333	91,66667	92
	80	90	90,33333	90,66667	91	91,33333	91,66667	92	92,33333	92,66667
	81	90,66667	91	91,33333	91,66667	92	92,33333	92,66667	93	93,33333
	82	91,33333	91,66667	92	92,33333	92,66667	93	93,33333	93,66667	94
	83	92	92,33333	92,66667	93	93,33333	93,66667	94	94,33333	94,66667
	84	92,66667	93	93,33333	93,66667	94	94,33333	94,66667	95	95,33333
	85	93,33333	93,66667	94	94,33333	94,66667	95	95,33333	95,66667	96
	86	94	94,33333	94,66667	95	95,33333	95,66667	96	96,33333	96,66667
	87	94,66667	95	95,33333	95,66667	96	96,33333	96,66667	97	97,33333
	88	95,33333	95,66667	96	96,33333	96,66667	97	97,33333	97,66667	98
	89	96	96,33333	96,66667	97	97,33333	97,66667	98	98,33333	98,66667
	90	96,66667	97	97,33333	97,66667	98	98,33333	98,66667	99	99,33333

Tabel 3. Keskmise arteriaalne rõhk, Süstoolne vererõhuväärtus vahemikus 110 – 118 mm Hg.

		Süstoolne mm Hg							
		119	120	121	122	123	124	125	126
Diastoolne mm Hg	60	79,66667	80	80,33333	80,66667	81	81,33333	81,66667	82
	61	80,33333	80,66667	81	81,33333	81,66667	82	82,33333	82,66667
	62	81	81,33333	81,66667	82	82,33333	82,66667	83	83,33333
	63	81,66667	82	82,33333	82,66667	83	83,33333	83,66667	84
	64	82,33333	82,66667	83	83,33333	83,66667	84	84,33333	84,66667
	65	83	83,33333	83,66667	84	84,33333	84,66667	85	85,33333
	66	83,66667	84	84,33333	84,66667	85	85,33333	85,66667	86
	67	84,33333	84,66667	85	85,33333	85,66667	86	86,33333	86,66667
	68	85	85,33333	85,66667	86	86,33333	86,66667	87	87,33333
	69	85,66667	86	86,33333	86,66667	87	87,33333	87,66667	88
	70	86,33333	86,66667	87	87,33333	87,66667	88	88,33333	88,66667
	71	87	87,33333	87,66667	88	88,33333	88,66667	89	89,33333
	72	87,66667	88	88,33333	88,66667	89	89,33333	89,66667	90
	73	88,33333	88,66667	89	89,33333	89,66667	90	90,33333	90,66667
	74	89	89,33333	89,66667	90	90,33333	90,66667	91	91,33333
	75	89,66667	90	90,33333	90,66667	91	91,33333	91,66667	92
	76	90,33333	90,66667	91	91,33333	91,66667	92	92,33333	92,66667
	77	91	91,33333	91,66667	92	92,33333	92,66667	93	93,33333
	78	91,66667	92	92,33333	92,66667	93	93,33333	93,66667	94
	79	92,33333	92,66667	93	93,33333	93,66667	94	94,33333	94,66667
	80	93	93,33333	93,66667	94	94,33333	94,66667	95	95,33333
	81	93,66667	94	94,33333	94,66667	95	95,33333	95,66667	96
	82	94,33333	94,66667	95	95,33333	95,66667	96	96,33333	96,66667
	83	95	95,33333	95,66667	96	96,33333	96,66667	97	97,33333
	84	95,66667	96	96,33333	96,66667	97	97,33333	97,66667	98
	85	96,33333	96,66667	97	97,33333	97,66667	98	98,33333	98,66667
	86	97	97,33333	97,66667	98	98,33333	98,66667	99	99,33333
	87	97,66667	98	98,33333	98,66667	99	99,33333	99,66667	100
	88	98,33333	98,66667	99	99,33333	99,66667	100	100,3333	100,6667
	89	99	99,33333	99,66667	100	100,3333	100,6667	101	101,3333
	90	99,66667	100	100,3333	100,6667	101	101,3333	101,6667	102

Tabel 4. Keskmise arteriaalne rõhk, Süstoolne vererõhuväärtus vahemikus 119 – 126 mm Hg.

		Süstoolne mm Hg							
		127	128	129	130	131	132	133	134
Diastoolne mm Hg	60	82,33333	82,66667	83	83,33333	83,66667	84	84,33333	84,66667
	61	83	83,33333	83,66667	84	84,33333	84,66667	85	85,33333
	62	83,66667	84	84,33333	84,66667	85	85,33333	85,66667	86
	63	84,33333	84,66667	85	85,33333	85,66667	86	86,33333	86,66667
	64	85	85,33333	85,66667	86	86,33333	86,66667	87	87,33333
	65	85,66667	86	86,33333	86,66667	87	87,33333	87,66667	88
	66	86,33333	86,66667	87	87,33333	87,66667	88	88,33333	88,66667
	67	87	87,33333	87,66667	88	88,33333	88,66667	89	89,33333
	68	87,66667	88	88,33333	88,66667	89	89,33333	89,66667	90
	69	88,33333	88,66667	89	89,33333	89,66667	90	90,33333	90,66667
	70	89	89,33333	89,66667	90	90,33333	90,66667	91	91,33333
	71	89,66667	90	90,33333	90,66667	91	91,33333	91,66667	92
	72	90,33333	90,66667	91	91,33333	91,66667	92	92,33333	92,66667
	73	91	91,33333	91,66667	92	92,33333	92,66667	93	93,33333
	74	91,66667	92	92,33333	92,66667	93	93,33333	93,66667	94
	75	92,33333	92,66667	93	93,33333	93,66667	94	94,33333	94,66667
	76	93	93,33333	93,66667	94	94,33333	94,66667	95	95,33333
	77	93,66667	94	94,33333	94,66667	95	95,33333	95,66667	96
	78	94,33333	94,66667	95	95,33333	95,66667	96	96,33333	96,66667
	79	95	95,33333	95,66667	96	96,33333	96,66667	97	97,33333
	80	95,66667	96	96,33333	96,66667	97	97,33333	97,66667	98
	81	96,33333	96,66667	97	97,33333	97,66667	98	98,33333	98,66667
	82	97	97,33333	97,66667	98	98,33333	98,66667	99	99,33333
	83	97,66667	98	98,33333	98,66667	99	99,33333	99,66667	100
	84	98,33333	98,66667	99	99,33333	99,66667	100	100,3333	100,6667
	85	99	99,33333	99,66667	100	100,3333	100,6667	101	101,3333
	86	99,66667	100	100,3333	100,6667	101	101,3333	101,6667	102
	87	100,3333	100,6667	101	101,3333	101,6667	102	102,3333	102,6667
	88	101	101,3333	101,6667	102	102,3333	102,6667	103	103,3333
	89	101,6667	102	102,3333	102,6667	103	103,3333	103,6667	104
	90	102,3333	102,6667	103	103,3333	103,6667	104	104,3333	104,6667

Tabel 5. Keskmise arteriaalne rõhk, Süstoolne vererõhuväärtus vahemikus 127 – 134 mm Hg.

Süstoolne mm Hg							
	135	136	137	138	139	140	
Diastoolne mm Hg	60	85	85,33333	85,66667	86	86,33333	86,66667
	61	85,66667	86	86,33333	86,66667	87	87,33333
	62	86,33333	86,66667	87	87,33333	87,66667	88
	63	87	87,33333	87,66667	88	88,33333	88,66667
	64	87,66667	88	88,33333	88,66667	89	89,33333
	65	88,33333	88,66667	89	89,33333	89,66667	90
	66	89	89,33333	89,66667	90	90,33333	90,66667
	67	89,66667	90	90,33333	90,66667	91	91,33333
	68	90,33333	90,66667	91	91,33333	91,66667	92
	69	91	91,33333	91,66667	92	92,33333	92,66667
	70	91,66667	92	92,33333	92,66667	93	93,33333
	71	92,33333	92,66667	93	93,33333	93,66667	94
	72	93	93,33333	93,66667	94	94,33333	94,66667
	73	93,66667	94	94,33333	94,66667	95	95,33333
	74	94,33333	94,66667	95	95,33333	95,66667	96
	75	95	95,33333	95,66667	96	96,33333	96,66667
	76	95,66667	96	96,33333	96,66667	97	97,33333
	77	96,33333	96,66667	97	97,33333	97,66667	98
	78	97	97,33333	97,66667	98	98,33333	98,66667
	79	97,66667	98	98,33333	98,66667	99	99,33333
	80	98,33333	98,66667	99	99,33333	99,66667	100
	81	99	99,33333	99,66667	100	100,3333	100,6667
	82	99,66667	100	100,3333	100,6667	101	101,3333
	83	100,3333	100,6667	101	101,3333	101,6667	102
	84	101	101,3333	101,6667	102	102,3333	102,6667
	85	101,6667	102	102,3333	102,6667	103	103,3333
	86	102,3333	102,6667	103	103,3333	103,6667	104
	87	103	103,3333	103,6667	104	104,3333	104,6667
	88	103,6667	104	104,3333	104,6667	105	105,3333
	89	104,3333	104,6667	105	105,3333	105,6667	106
	90	105	105,3333	105,6667	106	106,3333	106,6667

Tabel 6. Keskmise arteriaalne rõhk, Süstoolne vererõhuväärtus vahemikus 135 – 140 mm Hg.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina Gustav Amer

(sünnikuupäev: 02. Veebruar 1991)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „LEGO Mindstorms NXT komplektiga ühilduv Vernier' vererõhumõõtja“, mille juhendaja on Anne Villems ja Taavi Duvin,

1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 11.05.2013